

AGRICOLTURA ITALIANA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

FRANCO ZINONI, PIERPAOLO DUCE**

* ARPA-Servizio Meteorologico, Bologna

** CNR-IBIMET, Sassari

LA VARIAZIONE DEL CLIMA

I più recenti studi sull'entità del riscaldamento globale hanno mostrato come tale riscaldamento non sia uniforme, ma che, ad aree in cui la temperatura è aumentata, si alternano vaste aree in cui essa è diminuita. I rapporti del Gruppo di Lavoro Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC, 1995, 2001), riportano per gli ultimi cento anni, un aumento medio della temperatura di circa 0.8 °C in gran parte dell'Europa, significativamente superiore all'incremento della temperatura media globale registrato nello stesso periodo (circa 0.6 °C).

Buona parte di questo incremento delle temperature si è osservato a tutte le scale (dalla scala europea alla scala regionale) dal 1986 ad oggi, e questo è stato messo in relazione all'incremento della CO₂, in particolare di origine antropica.

Più controversa sembra essere la determinazione delle variazioni nel regime pluviometrico. Secondo Le Houèrou (1995) in Europa non è possibile identificare alcun pattern significativo. Gregory e Mitchell (1995) hanno invece mostrato un aumento delle precipitazioni medie annue nelle regioni con latitudine superiore a 45° N e una diminuzione alle medie latitudini (35-40° N), accompagnato da un decremento dei giorni piovosi, diminuzione confermata dalle analisi effettuate nell'Italia meridionale (Brunetti et al., 2000).

SCENARI CLIMATICI FUTURI E POSSIBILI IMPATTI IN ITALIA

I principali studi realizzati in ambito internazionale e in modo particolare dal gruppo di lavoro sui cambiamenti climatici costituito presso l'IPCC, prevedono per il periodo 2030-2050 temperature più elevate nel bacino del Mediterraneo.

È inoltre previsto un aumento del livello dei mari imputabile, in gran parte, allo scioglimento dei ghiacciai continentali e delle calotte polari, mentre la previsione sulla tendenza delle precipitazioni è alquanto incerta: nel complesso le probabilità maggiori propendono per un incremento delle precipitazioni nel centro-nord dell'Europa e una riduzione delle precipitazioni nell'area mediterranea, con una modifica dell'intensità degli episodi di siccità e delle precipitazioni nelle diverse aree (ma su questa

previsione vi è molta incertezza). L'impatto del clima sarà diverso a seconda degli aspetti e delle zone considerate:

Aree costiere

Si prevede per i prossimi 30-40 anni un aumento del livello del mare, determinato dall'incremento di temperatura, con valori compresi tra 50 e 290 mm, i cui effetti sono ben quantificabili sulla fascia costiera: invasione di aree molto basse e delle paludi costiere; accelerazione dell'erosione delle coste; aumento della salinità negli estuari e nei delta a causa dell'ingresso del cuneo salino; incremento delle infiltrazioni di acqua salata negli acquiferi della fascia litoranea; aumento della probabilità di straripamenti e di alluvioni nel caso di forti piene.

L'impatto sulle coste potrà essere ben più grave nelle zone soggette ad un incremento della desertificazione: un maggior emungimento delle falde acquifere in ambiente costiero, porterà ad un aumento della salinizzazione degli acquiferi profondi.

Degradazione del territorio e dissesto idrogeologico

Le previste modificazioni del regime pluviometrico indicano un aumento delle precipitazioni nel centro-nord, con conseguenti rischi di alluvioni e di dissesto idrogeologico. Una significativa diminuzione di piovosità associata a un sensibile aumento delle temperature medie sembra destinata invece ad instaurare processi di desertificazione del territorio nell'Italia centro-meridionale e nelle isole.

Le alluvioni, così come periodi di aridità estiva più lunghi e intensi, potranno determinare effetti sulla produttività dei suoli e sulla loro erodibilità, sulla stabilità dei versanti, sui regimi dei corsi d'acqua e sul loro trasporto solido, sull'alimentazione delle falde acquifere.

Il quadro degli effetti sul suolo e sul bilancio idrologico evidenzia quanto gravi potrebbero essere le conseguenze sulle aree a produzione agricola, e non solo.

Ghiacciai

Nell'ultimo secolo la linea di equilibrio nei ghiacciai italiani è risalita di una quota valutata tra 100 e 130 m: tale variazione è attribuibile all'aumento della temperatura media annua. Un proseguimento dell'attuale tendenza potrebbe portare alla scomparsa nei prossimi 100 anni del 95% dei ghiacciai alpini attualmente esistenti con le relative conseguenze sui flussi delle acque di superficie e del relativo impiego.

Ecosistemi forestali

Gli ecosistemi forestali dipendono strettamente dal clima, sia per la loro distribuzione che per la loro produttività ed efficienza. Un aumento della temperatura media annua compreso tra 2 e 4 °C potrebbe determinare uno sconvolgimento nella distribuzione territoriale della vegetazione forestale, con uno spostamento verso latitudini più settentrionali e quote più elevate delle diverse fasce fitoclimatiche. Aumenterà probabilmente il rischio di incendio in estate per la vegetazione mediterranea e in inverno per le foreste alpine.

L'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE COLTURE AGRARIE

La rapida rassegna sulla vulnerabilità del territorio italiano ai cambiamenti climatici riportata nel precedente paragrafo lascia intravedere quale possa essere l'impatto sull'agricoltura. Sia nei Paesi industrializzati che nei Paesi in via di sviluppo, il tempo meteorologico e il clima sono ancora i fattori chiave della produttività del settore

primario nonostante la ricerca e l'innovazione tecnologica abbiano messo a disposizione nuovi strumenti per la gestione e il controllo delle coltivazioni (irrigazione, fertilizzanti e antiparassitari, miglioramento genetico, ecc.).

I possibili effetti delle variazioni climatiche sull'agricoltura possono essere ricondotti ai tre seguenti fattori:

1. l'aumento della concentrazione della CO₂ atmosferica;
2. le variazioni della temperatura, delle precipitazioni e dell'insolazione;
3. l'aumento del livello dei mari con una riduzione significativa dell'estensione delle aree agricole e della salinità dell'acqua di falda nelle aree costiere.

CO₂

Gli effetti diretti sulle colture agrarie dell'aumento di concentrazione di CO₂ atmosferica sarebbero nel complesso positivi se non fossero associati alle conseguenze dirette delle variazioni climatiche. Infatti, un raddoppio della CO₂ può determinare un aumento del tasso fotosintetico compreso tra il 30 e il 100%, in funzione dei livelli di temperatura e della disponibilità idrica (Pearch e Bjorkman, 1983), ma non per tutte le specie: le specie C3 (frumento, riso, soia, ecc.) rispondono molto positivamente ad alte concentrazioni di CO₂ a differenza delle specie C4 (mais, sorgo, canna da zucchero, miglio, ecc.) che, per quanto fotosinteticamente più efficienti, sono meno sensibili all'aumento della concentrazione di CO₂.

L'aumento di concentrazione della CO₂ avrà ovviamente ripercussioni anche sull'attività fotosintetica delle specie infestanti: in alcuni casi il loro controllo sarà semplificato (Morrison, 1989), in altri sarà più difficile.

Un ulteriore effetto dell'aumento della CO₂ si ha sull'efficienza d'uso dell'acqua: infatti un ambiente con elevata concentrazione di CO₂ determina una diminuzione dell'apertura stomatica e di conseguenza una riduzione della traspirazione per unità d'area fogliare. Un raddoppio della CO₂ ambientale determina sia nelle specie C3 che nelle C4 una diminuzione dell'apertura stomatica di circa il 40 % (Morrison, 1987) e una riduzione del tasso traspirativo compresa tra il 23 e il 46% (Cure e Acock, 1987). Una migliore efficienza d'uso dell'acqua è importante nelle regioni semi-aride, per quanto rimangano molte incertezze sull'effetto combinato del minore tasso traspirativo per unità d'area fogliare e della maggiore area fogliare indotta dalla stessa CO₂.

È importante notare che gran parte degli studi sinora condotti hanno riguardato l'effetto isolato della CO₂ e non quello combinato con le variazioni della temperatura e delle precipitazioni.

Temperatura

Nelle regioni in cui la temperatura è un fattore limitante, temperature più elevate determineranno una maggiore durata del periodo favorevole ai processi di crescita e sviluppo e una riduzione del periodo necessario per raggiungere la maturazione. Più in generale questi effetti varieranno da regione a regione e da coltura a coltura (Brouwer, 1988; Yoshino et al., 1988). Complessivamente un aumento della temperatura media annuale di 2-3 °C determinerà una più lunga stagione di crescita a latitudini alte (maggiori di 60°) e medio-alte (fra 45 e 60°), mentre un maggiore riscaldamento, con relativo incremento del tasso evapotraspirativo, potrebbe limitare la stagione di crescita alle latitudini medie e medio-basse. In sostanza, la risposta delle colture agrarie all'aumento della temperatura sarà un aumento o una diminuzione della produzione a seconda che (i) si tratti di specie a ciclo determinato o indeterminato, (ii) l'attuale produzione sia fortemente limitata dall'insufficiente riscaldamento, e (iii) l'aumento di temperatura sia accompagnato da un aumento o una diminuzione delle precipitazioni.

Effetti combinati dei fattori ambientali

Relativamente pochi sono gli studi che hanno tentato di stabilire gli effetti combinati che le variazioni della CO₂, della temperatura e dell'entità e distribuzione delle precipitazioni possono avere sulla produttività delle colture. Studi condotti sulle principali aree di produzione del frumento e del mais in Nord America e Europa hanno stabilito che la tendenza al riscaldamento determinerà una riduzione delle produzioni. Senza variazioni nel regime pluviometrico (o radiativo), un moderato riscaldamento (+1 °C) potrebbe ridurre le produzioni medie del 10±7% (Warrick et al., 1986). Un incremento della temperatura di 2 °C associato a una riduzione delle precipitazioni porterebbe invece a una riduzione delle produzioni superiore al 20%.

I principali effetti che le variazioni climatiche potranno avere sull'agricoltura sono scaturite dalle analisi di impatto effettuate, a partire dalla fine degli anni settanta, da diversi Centri di Ricerca e Organizzazioni Nazionali e Transnazionali. Tutti gli studi hanno sottolineato le difficoltà che si incontrano nell'effettuare analisi che tengano conto dell'impatto combinato (i) di un aumento della concentrazione di CO₂ atmosferica, (ii) della conseguente variazione della temperatura e delle precipitazioni, e (iii) dell'aumento del livello medio dei mari. Inoltre, mentre il mondo scientifico concorda sul fatto che la principale tendenza delle variazioni climatiche sarà l'aumento della temperatura, molte sono le incertezze sulla tendenza futura delle precipitazioni, il fattore chiave naturale per il successo delle attività agricole alle latitudini medio-basse. Di conseguenza gli studi sinora condotti si sono interessati prevalentemente all'impatto sulle principali colture delle grandi aree agricole delle latitudini medio-alte, mentre poche sono le informazioni e le previsioni riguardanti le aree agricole a latitudine più basse.

I progetti di ricerca che hanno visto un coinvolgimento dei ricercatori italiani trattano o lo studio degli effetti diretti dell'aumento di CO₂ sulla vegetazione naturale e sugli ecosistemi foraggieri, o l'analisi della risposta in termini produttivi (qualità e quantità) di alcune specie agrarie alle variazioni climatiche. L'impegno della ricerca italiana nelle analisi di impatto delle variazioni climatiche sull'agricoltura è risultata invece sinora deficitaria nel definire l'impatto combinato dei diversi effetti che il Global Change potrebbe avere sull'agricoltura e sulle più importanti colture erbacee e arboree.

Eventi climatici dannosi

Gli effetti sull'agricoltura delle variazioni climatiche non sono da mettere in relazione unicamente alle variazioni della temperatura e delle precipitazioni, ma anche ai cambiamenti nella frequenza degli eventi climatici dannosi. I livelli di rischio associati al verificarsi di eventi "estremi" (gelate, siccità, grandinate, ecc.) possono essere alterati in maniera piuttosto significativa da variazioni apparentemente piccole dei valori medi delle variabili climatiche. Particolarmente grave è il rischio di un aumento della frequenza di eventi meteorologici "estremi": si tratta infatti di un'eventualità che potrebbe rapidamente mettere in ginocchio l'intero sistema agricolo. In sostanza non solo l'agricoltura è particolarmente sensibile agli eventi "estremi", ma lo stesso rischio degli eventi può essere ancora più sensibile a variazioni relativamente piccole del clima. Questo aspetto del problema fa capire perché le aziende agricole ubicate nelle aree agricole marginali siano particolarmente sensibili alle variazioni climatiche. Nelle aree di coltivazione marginali, infatti, la probabilità che si abbiano livelli critici nelle condizioni termiche e idriche tende a crescere in misura non lineare ma quasi esponenziale. Le aree marginali sono per loro natura caratterizzate da un livello di rischio piuttosto elevato. Più in generale, non è azzardato affermare che l'impatto delle variazioni climatiche sulla sostenibilità dell'agricoltura potrebbe derivare in gran parte dagli effetti degli eventi meteorologici "estremi".

Fertilità del suolo e aree agricole

L'aumento di concentrazione della CO₂ atmosferica può influenzare la fertilità del suolo e i processi di erosione. Temperature più elevate possono determinare un aumento della velocità di decomposizione microbica della materia organica, condizionando negativamente la fertilità del suolo nel lungo periodo (Hillel e Rosenzweig, 1989).

Infine, gli effetti più gravi dell'aumento del livello medio dei mari potrebbero essere rappresentati dalle inondazioni o comunque dalla perdita di aree agricole e dall'intrusione di acqua marina nelle falde e nei corsi d'acqua delle aree costiere.

AGRICOLTURA SOSTENIBILE: IL NUOVO OBIETTIVO

Le ricerche effettuate mettono in evidenza l'eventuale effetto del cambiamento climatico sulle varie colture in assenza di opportuni adeguamenti. La ricerca genetica, l'adattamento varietale, l'evoluzione delle aree agricole, se sapientemente gestiti, potrebbero costituire una nuova risorsa per limitare i danni nelle zone a rischio o incrementare le produzioni in aree attualmente marginali. V'è però posta particolare attenzione all'evoluzione della politica agricola in grado di spostare gli equilibri che regolano il complesso mosaico in torno al quale ruota l'attività agricola.

Nell'ultimo decennio si è assistito ad una modifica sostanziale della politica agricola e degli interventi a sostegno dell'attività rurale all'interno dei paesi dell'Unione. Si è passati nell'arco di due piani quinquennali di programmazione da una politica di sostegno della produzione, ad interventi a sostegno della eco-compatibilità dell'attività agricola e mantenimento del territorio e della biodiversità (Reg. 2078/92; Reg. 1257/99).

In parte questa nuova impostazione limita l'interesse delle ricerche fin qui realizzate, volte prevalentemente a mettere in evidenza l'effetto positivo o negativo del cambiamento climatico sulla produzione, e richiama aspetti più complessi dell'attività agricola, in modo particolare le interazioni tra l'agricoltura, l'ambiente e il territorio.

In questo contesto assumono importanza gli aspetti ambientali e sociali: la conservazione e la qualità delle risorse naturali, con una particolare attenzione alla risorsa idrica, la conservazione del territorio, in modo particolare nelle aree collinari e montane dove l'agricoltura può essere strumento di mantenimento o di degrado del suolo, la stabilità delle produzioni come elemento di volano della sostenibilità dell'agricoltura, dove l'attenzione è rivolta non all'incremento della produzione, ma agli eventi calamitosi che ne possono compromettere pesantemente la sopravvivenza. Dall'altro lato è ormai noto che le attività agricole contribuiscono ad incrementare il contenuto atmosferico dei gas serra.

La Seconda Comunicazione Nazionale per la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (1997), indica il settore agricolo come uno dei principali responsabili degli incrementi di CH₄ e N₂O, soprattutto a livello nazionale, dove rappresentavano rispettivamente il 46% ed il 49% del totale nel 1990, e in aumento negli anni successivi secondo la previsione formulata dall'IPCC.

Un ruolo importante sembra riguardare anche il bilancio della CO₂, ma attualmente non si è in grado di definire esattamente le dimensioni dei flussi di carbonio persi dal suolo.

L'impegno assunto dall'Italia nell'ambito del protocollo di Kyoto, ratificato dalla Delibera CIPE 137/98, prevede una riduzione delle emissioni dei gas serra, a cui l'attività agricola dovrà probabilmente contribuire.

AZIONI DEL PROGETTO CLIMAGRI IN MERITO ALL'IMPATTO DEL CLIMA

Al fine di fornire un contributo scientifico e operativo in merito all'impatto in agricoltura di un possibile cambiamento climatico, fornendo al tempo stesso informazioni di supporto alle istituzioni preposte a definire gli indirizzi di programmazione e gestione degli interventi in ambito agro-ambientale, CLIMAGRI si propone la messa a punto di metodologie di analisi per la valutazione della suscettibilità al cambiamento climatico delle aree e delle colture nelle regioni a clima mediterraneo.

I principali obiettivi del programma di ricerca relativi all'impatto tra variazione del clima e agricoltura sono riconducibili ai due seguenti aspetti:

- metodologici - individuazione e/o messa a punto di indici di rischio climatico e messa a punto di metodologie di analisi per la valutazione della suscettibilità alle variazioni climatiche delle aree agricole e delle colture;
- operativi - fornire mappe di rischio climatico delle produzioni e delle aree agricole e rendere disponibili strumenti quantitativi e qualitativi per decisioni in materia di programmazione agricola e agro-ambientale del territorio.

Gli argomenti affrontati dalle linee di ricerca mirano a soddisfare le esigenze di conoscenze e di strumenti nei settori che alla luce dell'attuale politica economica agro-ambientale appaiono strategici e decisivi per i prossimi anni, in modo particolare per lo sviluppo sostenibile dell'attività agricola legata al territorio.

Le diverse schede di ricerca che affrontano gli aspetti legati all'impatto tra agricoltura e clima possono essere ricondotte a 4 settori principali:

IRRIGAZIONE

Variazione del fabbisogno irriguo in relazione a fenomeni di siccità e ai processi di desertificazione. Questo tema è importante per l'impatto che l'agricoltura ha sull'uso di una risorsa finita e limitata come l'acqua e per l'eventuale modifica dei rapporti con gli altri usi industriali e sociali. La sua evoluzione dipende in buona parte anche dalla modifica del clima ed ha un ruolo chiave sui processi di gestione dell'agricoltura italiana e per questo motivo rappresenta uno specifico sottoprogetto di CLIMAGRI (sottoprogetto 3).

PRODUZIONE

La ricerca mira ad evidenziare gli aspetti della produzione legati al territorio. La definizione di standard, di metodologie e la realizzazione di strumenti per l'analisi degli ambienti e delle colture italiane in relazione alla vocazionalità del territorio e alla sensibilità alla modifica del clima, costituiscono la base per un monitoraggio permanente dell'effetto del clima sul settore produttivo primario con la possibilità di valutare l'effetto di un trend positivo o negativo dei fattori del clima a livello locale e regionale.

Nel progetto è stata posta attenzione agli eventi meteorologici "estremi" per l'agricoltura, con una linea di ricerca che affronta gli aspetti relativi alle gelate tardive. Questo fenomeno ha assunto una dimensione e un interesse prevalente nella maggior parte delle aree produttive mondiali, soprattutto negli ultimi anni, nonostante un aumento generale delle temperature.

Studi condotti in diversi ambienti, anche in Italia, hanno evidenziato che l'aumento delle temperature non ha modificato né la frequenza né il periodo dell'anno in cui si registrano le gelate tardive, e questo è dovuto al tipo di gelata, prevalentemente radiativa, e dipende dalla durata della notte.

Viceversa, l'aumento delle temperature ha influito sulla ripresa vegetativa delle colture e studi realizzati in Pianura Padana dimostrano una tendenza all'anticipo della ripresa vegetativa delle colture arboree e una tendenza ad anticipare il periodo di semina e trapianto delle orticole di pieno campo e delle colture industriali. I ripetuti danni da gelata tardiva registrati nell'ultimo decennio, si sono verificati in anni con un significativo anticipo vegetativo rispetto alla norma.

In questo settore la conoscenza del rischio per le diverse aree costituisce la base decisionale per una riduzione del rischio attuata mediante strategie di programmazione degli ordinamenti colturali, selezione delle varietà più idonee e messa a punto di tecniche adeguate di difesa.

AMBIENTE

Il ruolo dell'agricoltura viene considerato in relazione al suo impatto sulla conservazione dell'ambiente, ponendo attenzione in modo particolare all'effetto dei sistemi colturali nelle aree di collina dove le tecniche di coltivazione possono incidere significativamente sulla conservazione del suolo e sulla modifica del rischio legato di dissesto idrogeologico: in modo particolare se gli eventi meteorologici futuri saranno, indipendentemente dalla quantità annua di precipitazione, più intensi alle nostre latitudini come più volte riportato negli studi relativi ai cambiamenti climatici.

Un ruolo importante potrebbe essere svolto dall'agricoltura nella mitigazione dei cambiamenti climatici, ruolo che la ricerca CLIMAGRI vuol evidenziare e proporre all'attenzione del sistema di governo della nostra agricoltura, individuando gli aspetti più efficaci per una riduzione della modifica del clima legato all'attività antropica e di conseguenza una attenuazione delle ricadute che il clima potrà esercitare sulla nostra agricoltura.

DATI E PREVISIONI

Le serie storiche rappresentano sempre un patrimonio di base sul quale sviluppare sistemi e conoscenze che permettono di valutare e adattare le nostre decisioni al mutare degli eventi. Organizzazione delle serie storiche di dati agronomici e valutazione dei trend di importanti fattori del suolo costituiscono la base per la conoscenza dei fenomeni e l'impiego dei modelli di analisi e di previsione a breve e a lungo termine in campo agro-ambientale.

Allo stesso modo la capacità di prevedere il tempo a medio - lungo termine (previsioni stagionali e intrastagionali) possono costituire un elemento di decisione nella programmazione annuale degli interventi relativi all'uso delle risorse. In questo campo, se pur con la dovuta prudenza legata alla imprevedibilità dell'evoluzione del tempo alle nostre latitudini superato il limite della predicibilità attuale del tempo giornaliero (7 - 10 gg.), sono state attivate linee di ricerca che mirano ad integrare la previsione meteorologica con i modelli matematici applicati ai vari settori della componente agricola ritenuti strategici dal progetto CLIMAGRI.

BIBLIOGRAFIA

- Brouwer, F. M., 1988. Determination of broad-scale land use changes by climate and soils. Working Paper WP-88-007, Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Brunetti, M., M. Maugeri, and T. Nanni, 2000. Variations of temperature and precipitation in Italy from 1866 to 1955. Theor. Appl. Climatol., 65: 165-174.

- Cure, J. D., and B. Acock, 1987. Crop responses to carbon dioxide doubling: a literature survey. *Agric. For. Meteorol.*, 38: 127-145.
- Gregory, J. M., and J. F. B. Mitchell, 1995. Simulation of daily variability of surface temperature and precipitation over Europe in the current and 2xCO₂ climates using the UKMO climate model. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 121: 1451-1476.
- Hillel, D., and C. Rosenzweig, 1989. The greenhouse effect and its implications regarding global agriculture. Research Bulletin No. 724, Amherst, Massachusetts: Massachusetts Agricultural Experiment Station.
- IPCC, 1995. *Climate change 1995: the science of climate change. The second IPCC assessment report*, edited by J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 572.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: the scientific basis. The third IPCC assessment report*, edited by J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, and D. Xiaosu, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 944.
- Le Houèrou, H. N., 1995. Climate change, drought and desertification. IPCC, Working group II on impacts, drought and mitigation, pp. 53.
- Ministero dell'Ambiente (1997) *Seconda Comunicazione Nazionale per la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici*.
- Morrison, J. I. L., 1987. Intercellular CO₂ concentration and stomatal response to CO₂. In: Zeiger, E., Cowan, I. R., and Farquhar, G. D. eds., *Stomatal function*, Stanford, Stanford University Press, pp. 229-251.
- Morrison, J. I. L., 1989. Plant growth in increased atmospheric CO₂. In: Fantechi, R., and Ghazi, A., eds., *Carbon dioxide and other greenhouse gases: climatic and associated impacts*, Dordrecht, The Netherlands: CEC, Reidel, pp. 228-244.
- OECD, Joint Working Party of the Committee for Agriculture and the Environment Policy Committee (22 August 1997) *The climate implications of agricultural policy reform*.
- Pearch, R.W., and O. Bjorkman, 1983. Physiological effects. In: Lemon, E. R. ed., *CO₂ and plants, the response of plants to rising levels of atmospheric CO₂*, Boulder, Colorado: Westview Press, pp. 65-105.